UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO IOT EN CLOUD PARA RECAUDACIÓN DE PASAJE EN LOS BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Telecomunicaciones

AUTOR: BRYAN STEVEN CAUJA TIBANQUIZA

TUTOR: LUIS GERMÁN OÑATE CADENA

Quito-Ecuador
2022

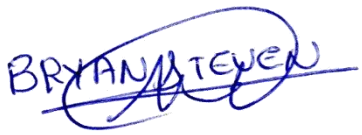
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Bryan Steven Cauja Tibanquiza con documento de identificación N° 1724789688; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 04 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Bryan Steven Cauja Tibanquiza
1724789688

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Bryan Steven Cauja Tibanquiza con documento de identificación No. 1724789688, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que el autor del Proyecto Técnico "Desarrollo de un dispositivo IoT en Cloud para recaudación de pasaje en los buses de transporte público", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 04 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Bryan Steven Cauja Tibanquiza
1724789688

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Germán Oñate Cadena con documento de identificación N° 1712157401 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO IOT EN CLOUD PARA RECAUDACIÓN DE PASAJE EN LOS BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO, realizado por Bryan Steven Cauja Tibanquiza con documento de identificación N° 1724789688, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 04 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Ing. Luis Germán Oñate Cadena, MSc
1712157401

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN i

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ii

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

ÍNDICE GENERAL iv

ÍNDICE FIGURAS vii

INDICE DE TABLAS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

INTRODUCCIÓN xi

CAPÍTULO 1 1

ANTECEDENTES 1

1.1. Planteamiento del problema 1

1.2. Justificación 2

1.3. Objetivos 3

1.3.1. Objetivo General 3

1.3.2. Objetivos Específicos 3

1.4. Metodología 4

1.4.1. Metodología Descriptivo. 4

1.4.2. Metodología Analítico 4

1.4.3. Metodología Experimental 4

CAPÍTULO 2 5

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5

2.1. Servicio General de Transmisión de Paquetes Vía Radio 5

2.2. Internet de las cosas (IoT) 5

2.2.1 Arquitectura del IoT 6
2.3. Cloud 7
2.3.1 Firebase 7
2.4. Arduino UNO 8
2.4.1 Módulo RFID MFRC522 8
2.4.2 Módulo GSM, GPRS SIM800L EVB 10
CAPÍTULO 3 11
DISEÑO DEL DISPOSITIVO 11
3.1 Diagrama de bloques del dispositivo. 11
3.1.1 Bloque de Alimentación 12
3.1.2 Bloque del controlador 12
3.1.3 Bloque de lector de tarjetas 12
3.1.4 Bloque de transmisión de datos 12
3.2 Diagramas de Flujo 14
3.3 Diagrama Esquemático 15
3.3 Resultados Obtenidos 17
3.3.1 Pruebas de funcionalidad del dispositivo 17
CAPÍTULO 4 22
ANÁLISIS DE COSTOS 22
4.1 Costos de Materiales 22
4.2. Indicadores para viabilidad del Proyecto 23
4.2.1. Costo Fijo 23
4.2.2 Costo Variable 24
4.2.3 Punto de Equilibrio 24
CAPÍTULO 5 25
CONCLUSIONES 25
RECOMENDACIONES 26

REFERENCIAS 27

ANEXOS 29

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1 Firebase 7

Figura 2.2 Arduino UNO 8

Figura 2.2 Módulo NFC RFID RC522 9

Figura 2.3 Módulo SIM800L 10

Figura 3.1 Diagrama de bloques con las partes que integra el proyecto de cobro de pasajes 11

Figura 3.2 Diagrama de bloques sobre la comunicación entre el dispositivo y la nube. 13

Figura 3.3 Diagrama de flujo que obtiene los datos desde Arduino 14

Figura 3.4 Diagrama de conexiones de los módulos con el Arduino UNO 15

Figura 3.5 Estructura del Equipo 16

Figura 3.7 Dispositivo en funcionamiento 18

Figura 3.8 Reducción del pasaje a medida que se va pasando la tarjeta RFID 19

Figura 3.9 Saldo subido a la base de datos Firebase 19

Figura 3.10 Mensaje de notificación informando que el saldo fue descontado 20

Figura 3.11 Cobro de pasaje mediante tarjeta no registrada 20

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Materiales 22

Tabla 4.2 Precio Final del Proyecto..... 23

RESUMEN

Uno de los problemas del transporte público son las largas filas en las paradas de buses más concurridas, mucho tiempo de espera para que las unidades puedan salir de sus estaciones debido al tiempo que se toma en cobrar el pasaje, a raíz del confinamiento en todo el mundo a causa de la llegada del coronavirus (COVID-19) y las medidas de bioseguridad propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha llevado a enfocarse en el desarrollo tecnológico y las automatizaciones de varios procesos, es por ello que varias tecnologías como el Internet de las cosas han tenido un auge en la vida cotidiana de todas las personas. Tomando en cuenta los problemas causados por el cobro de pasaje mediante monedas o billetes en el transporte masivo se debe evitar el contacto entre personas y encontrar métodos alternativos que faciliten el proceso de pago en los medios de transporte, es por ello que en este proyecto se propone la implementación de un dispositivo IOT en Cloud para la recaudación de pasaje en los buses de transporte público que ayude a agilizar el proceso de pago y permita que los usuarios tengan mayor rapidez al subirse a las unidades de transporte y no exista un contacto con la persona que cobra el pasaje, con el uso de la tecnología RFID se podrá agilizar estos procesos mediante el cobro automatizado lo cual mejorar la calidad del servicio a las personas.

ABSTRACT

One of the problems of public transport is the long lines at the busiest bus stops, a long waiting time for the units to leave their stations due to the time it takes to collect the ticket, as a result of the confinement throughout the world due to the arrival of the coronavirus (COVID-19) and the biosafety measures proposed by the World Health Organization (WHO) has led to focus on technological development and automation of various processes, which is why several technologies like the Internet of things have had a boom in the daily lives of all people. Taking into account the problems caused by the collection of tickets by means of coins or bills in mass transport, contact between people should be avoided and alternative methods should be found that facilitate the payment process in the means of transport, which is why this project proposes the implementation of an IOT device in the Cloud for the collection of tickets on public transport buses that helps to speed up the payment process and allows users to have more speed when getting on the transport units and there is no contact with the person who collects the ticket, with the use of RFID technology these processes can be streamlined through automated collection, which improves the quality of service to people.

INTRODUCCIÓN

La situación que se vive actualmente en nuestro país con respecto al sistema de transporte público se ha vuelto un problema que ha generado inconformidades por parte de los usuarios con respecto a los métodos de cobro convencionales lo que ha causado largas filas de espera debido al alto flujo de personas que se movilizan diariamente en horas pico dentro de la ciudad.

El cobro de pasajes de la manera convencional como se lo ha venido haciendo actualmente ha causado varios inconvenientes en el sentido de interacción entre cobrador y usuario debido a la espera por parte de los usuarios al momento de recibir su cambio, esto ha provocado un desperdicio de tiempo en el instante de hacer uso del servicio de transporte público.

En este proyecto se desarrolló un dispositivo en IOT y Cloud para la recaudación de pasaje en el sistema de transporte público de manera automatizada con la ayuda de la tecnología como una herramienta para el almacenamiento en tiempo real del saldo disponible en la tarjeta, mediante el uso de Arduino UNO y el IDE de Arduino en conjunto con los módulos RFID que se utilizará para la lectura de la tarjeta RFID Y el módulo SIM800L que ayudará a la gestión en la subida a una base de datos en tiempo real que serán almacenados en Firebase y posterior a ello utilizando la misma tecnología GPRS y la red móvil para el envío de mensaje a los usuarios donde se notificará el saldo descontado cada vez que la tarjeta sea leída.

Este proyecto está conformado por cinco capítulos que se describen a continuación:

En el capítulo 1 se encuentra el Planteamiento del problema, Justificación, Objetivo general, Objetivos específicos y la metodología.

En el capítulo 2 se detalla la Fundamentación teórica, información sobre IOT y Cloud, además de los componentes que se utilizará para el desarrollo del dispositivo.

En el capítulo 3 se presenta el diseño y la implementación del dispositivo, además de los resultados obtenidos al momento de hacer las respectivas pruebas.

En el capítulo 4 se da a conocer el análisis de los costos totales para poder determinar la viabilidad del dispositivo implementado.

En el capítulo 5 se encuentra las conclusiones sobre cómo fue el funcionamiento del dispositivo y sus respectivas recomendaciones para futuras mejoras.

Además, se adjunta los anexos con los códigos de programación en Arduino.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del problema

Con la llegada del coronavirus (COVID-19), la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido diferentes medidas de bioseguridad alrededor del mundo, desde un confinamiento total de la población hasta mantener un distanciamiento con otras personas, con el fin de evitar mayores riesgos de infecciones (OMS, 2020).

Dichas medidas de bioseguridad provocaron una paralización de comercios en el mundo, lo que impulsó el crecimiento del modelo de comercio electrónico en las empresas. En Ecuador mediante una mesa de diálogo con representantes del sector público y privado analizaron los desafíos y oportunidades que puede traer dichos comercios con el apoyo de herramientas digitales (Ministerio de Telecomunicaciones, 2020).

Actualmente las ciudades se encaminan hacia el concepto de ciudades inteligentes (s*mart cities* por su siglas en inglés), es por ello que buscan medios que ayuden al desarrollo tecnológico en los sistemas de transporte públicos lo cual es uno de los elementos más importantes que puedan fortalecer la conectividad dentro de la ciudad y mejorar la calidad de vida de todos los usuarios, a raíz de la pandemia del COVID-19 se busca implementar alternativas mediante procesos automatizados para evitar el mayor contacto entre personas.

En la mayoría de provincias del país el cobro del pasaje de bus se realiza mediante monedas, este tipo de cobro ha llegado a causar algunos inconvenientes: en ocasiones la persona encargada en cobrar el pasaje no dispone de cambio es por esta razón que se tiene que utilizar monedas por parte del usuario lo cual puede ser una fuente de contagio, puede ocurrir fraude por parte del cobrador, no existe la posibilidad de tener datos del número

de usuarios, y provoca que el bus desperdicie el tiempo entre el instante en que los usuarios suben al mismo y el bus arranca o el usuario tiene que interactuar con el cobrador sea de pie o en su asiento.

Debido al avance de la tecnología, la era del Internet de las cosas (*Internet of things*, IoT) se puede aprovechar la identificación por radiofrecuencia (*Radio Frecuency Identification*, RFID), apoyada por IoT(Lee et al., 2019). Mediante estas se pueden identificar automáticamente objetos o personas realizando una detección inteligente y distribuida cuando se integran ciertos sensores a ellas(Colella et al., 2016).

Es por ello que para este proyecto se implementará un dispositivo utilizando un módulo RFID y módulo GSM, para el cobro del pasaje a los usuarios de buses, evitando la interacción usuario y cobrador, de igual forma pudiendo llevar de manera remota en una nube cloud los valores cobrados y los usuarios que han utilizado el sistema de transporte.

1.2. Justificación

Alrededor del mundo, los sistemas de transporte y el internet de las cosas se han unido de una manera considerable teniendo como resultado los sistemas de transporte inteligentes, lo cual permiten y facilitan la captación de información en tiempo real mediante el análisis y recolección de datos, muchos de los sistemas cuentan con nodos que suben la información recolectada a la nube, pero dichos sistemas generan de un alto costo de implementación.

Al implementar un sistema de cobro que facilite el pago de pasaje de manera automatizada en el transporte público, permitirá que los usuarios tengan una mayor rapidez al momento de subir a una unidad de transporte evitando esperas largas, cumpliendo el distanciamiento social y usando de una manera eficiente dicho servicio(Amaguaña, 2021).

El gran aporte que genera la automatización de dicho sistema es disminuir el mayor contacto entre usuario y transportista de tal manera que no sea un medio de transferencia del virus cumpliendo con el distanciamiento y evitando el posible contagio que puede provocar los conductores a los pasajeros(Amaguaña, 2021).

Las personas beneficiarias del sistema de cobro de pasajes son todos los usuarios que usan diariamente el transporte público y a su vez los transportistas ya que de esa manera se puede disminuir el contacto entre personas para detener la propagación del virus(Amaguaña, 2021).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Desarrollar un dispositivo IOT en cloud que permita el cobro de pasaje en los buses de transporte público de la ciudad de Quito para que se evite uso de monedas o billetes.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las tecnologías que pueden ser utilizadas, así como las restricciones para el diseño de un dispositivo de cobro de pasaje en los buses de la ciudad de Quito.
- Diseñar un dispositivo IOT en cloud para el cobro de pasajes de buses en la ciudad de quito en base a las tecnologías y restricciones analizadas.
- Implementar el dispositivo IoT en cloud para la comprobación de su correcto funcionamiento en el cobro del pasaje del bus.

- Analizar los costos del dispositivo para una implementación en los de buses de la ciudad de Quito.

1.4. Metodología

En el presente proyecto se utilizarán diferentes métodos para su realización como se describe a continuación:

1.4.1. Metodología Descriptivo.

Se utilizará esta metodología para establecer las características de los módulos de Arduino. RFID, GSM e IoT con Cloud, estableciendo la relación entre ellos.

1.4.2. Metodología Analítico

Se efectuará un análisis de las tecnologías a utilizarse para la implementación del sistema de cobro, así como los costos de implementación del dispositivo.

1.4.3. Metodología Experimental

Mediante la experimentación se comprobará el funcionamiento del sistema en el cual se va a monitorear las variables en tiempo real en el sistema de cobro de pasaje en los buses.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se describe de manera resumida los principales elementos que contendrá el dispositivo a realizar, además el software base en el cuál será desarrollado la interfaz de este como son:

2.1. Servicio General de Transmisión de Paquetes Vía Radio

El Servicio General de Transmisión de Paquetes Vía Radio (GPRS) es un sistema que está orientado a paquetes desplegados en las redes 2G y 3G que proporciona los datos de alta velocidad y una versión mejorada de la red GSM (Thosar & Nathi, 2019). GPRS se basa en arquitectura GSM la cuál incorpora SGSN (Nodo de soporte de servicio GPRS) y GGSN (Nodo de soporte de puerta de enlace GPRS) 2 nodos que tienen una misión complementaria, entre los beneficios se tiene: Servicios de mensajes multimedia MMS, Servicios de mensajes cortos SMS, Servicio punto a punto PTP y Servicio punto a multipunto PTMP que utiliza señal GMS (Pedro et al., 2005).

2.2. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas se ha definido como una infraestructura a nivel global la cuál ha permitido la interconexión de elementos físicos y virtuales mediante las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Gracias al avance tecnológico que ha surgido en la nube, el uso de sensores y la capacidad de almacenar y procesar los datos ha reducido los gastos de fabricación e implementación en las últimas décadas(Alavi et al., 2018). El IoT se ha considerado una infraestructura tanto dinámica como global que gestiona de manera inteligente los objetos auto configurables.(Atlam et al., 2018).

2.2.1 Arquitectura del IoT

Para entender un poco más a cerca del Internet de las cosas, requiere conocer como está estructurado, es por lo que a continuación se detalla cuál es su arquitectura que se divide en 3 capas:

I. ***Capa de percepción***: Se la conoce también como capa de sensor debido a que es la capa inferior en la arquitectura de IóT, esta capa interactúa con un sin número de dispositivos inteligentes como es RFID, sensores, actuadores, etc. Su objetivo principal es conectar todas las cosas a la red IoT donde podrá medir, recolectar y procesar la información asociada a través de los dispositivos inteligentes(Lin et al., 2017).

II. ***Capa de red:*** Se la conoce también como capa de transmisión, como su nombre lo indica esta capa es la encargada de transmitir todos los datos y la información al centro de IoT. Esta capa es la más importante en toda la arquitectura porque todos los dispositivos inteligentes de varias tecnologías están integrados a esta capa(Lin et al., 2017).

III. ***Capa de aplicación:*** También conocida como la capa empresarial, se encuentra en la posición más alta ya que es la encargada de recibir de los datos que son transmitidos a través de la capa de red o capa de transmisión y se encarga de usarlos para proporcionar los servicios u operaciones requeridas. Un ejemplo de esta capa es que puede proporcionar un almacenamiento para realizar una copia de seguridad de todos los datos recibidos en una base de datos. Existen varias aplicaciones en esta capa donde incluyen las redes inteligentes, transporte inteligente, ciudades inteligentes, entre otras (Lin et al., 2017).

2.3. Cloud

Cloud se define como la nueva forma para desarrollar la industria de tecnologías de la información brindando múltiples servicios, aplicaciones e infraestructura. Sin embargo, han surgido varios problemas relacionados con la seguridad, por lo tanto, los servicios en la nube se pueden considerar como una tecnología destructiva, a menos que se desarrollen soluciones tecnológicas para mitigar estos impactos.

2.3.1 Firebase

Firebase es una plataforma diseñada por Google, su función principal es desarrollar y facilitar la creación de aplicaciones con alta calidad. Esta plataforma se encuentra en la nube y esta disponible para para Android, iOS y web, lo que le hace muy intuitiva a las necesidades de los usuarios (Muradas, 2021). Sus principales características se lo pueden visualizar en el siguiente enlace: https://openwebinars.net/blog/que-es-firebase-de-google/

Figura 2.1 Firebase

Autor (Firebase, 2022)

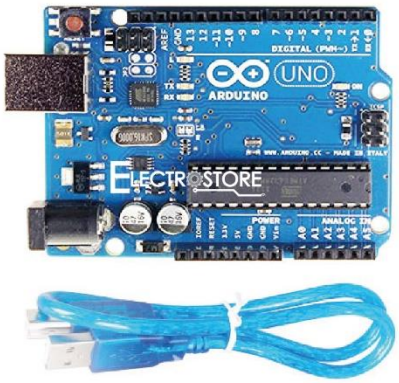
Firebase además de crear aplicaciones permite enviar notificaciones mediante Cloud Messaging a diferentes plataformas, a la hora de implementar funciones son aprobadas mediante la base de usuarios para validar su funcionamiento y gracias a ellos la plataforma puede ser adaptada a las necesidades de los desarrolladores (Giraldo, 2019).

2.4. Arduino UNO

El módulo Arduino UNO es una placa desarrollada mediante el microcontrolador ATmega328P, diseñada para diferentes proyectos de electrónica que permite la conexión con módulos compatibles lo que lo hace la opción más robusta y usada además de su bajo consumo de energía.

Entre algunas características principales cuenta con 14 pines de entrada y salida, además de su voltaje de Operación de 5V. Para conocer un poco más de sus características visite el siguiente enlace: https://arduino.cl/arduino-uno/.

Figura 2.2 Arduino UNO



Autor: (ElectroStore, s.f.)

En la figura 2.1 se puede observar la placa junto con sus periféricos y el cable de comunicación USB.

2.4.1 Módulo RFID MFRC522

El módulo RFID se basa en un lector y grabador IC MFCR522 altamente integrado para una comunicación sin tener contacto la cuál trabaja a 13.56 MHz. Este lector es compatible con ISO/IEC 14443 A/MIFARE y NTAG. El módulo RFID este compuesto

por un transmisor y receptor. El transmisor puede controlar una antena diseñada para poder comunicarse con tarjetas sin circuitos adicionales y el receptor proporciona una implementación robusta y eficiente para poder decodificar las señales recibidas por las tarjetas (AVElectronics, 2022).

Figura 2.2 Módulo NFC RFID RC522

Autor: (AVElectronics, 2022)

Para el correcto funcionamiento de este módulo se debe contar con una fuente de alimentación que genere los 3.3V que el RC522 necesita para su funcionamiento, en este caso la placa de Arduino UNO nos proporciona un pin que genera el suficiente voltaje para poder trabajar con el módulo.

El módulo RC522 trabaja a una frecuencia de modulación y demodulación de 13.56 MHz, frecuencia por la cual utiliza la tecnología RFID en la actualidad, este módulo se comunica mediante SPI lo que le hace fácil ser implementado en cualquier microcontrolador con interfaz SPI como lo es el Arduino. Para conocer un poco más acerca de este módulo y verificar la conexión entre el módulo RFID y Arduino lo puede realizar mediante el siguiente enlace: https://naylampmechatronics.com/blog/22_tutorial-modulo-lector-rfid-rc522.html.

2.4.2 Módulo GSM, GPRS SIM800L EVB

El SIM800L EVB o también conocido como 800L V2.0 es un módulo celular de bajo costo que permite enviar y recibir datos, SMS y llamadas a pequeña escala. Sus características se detallan de mejor manera en el siguiente enlace: https://electronilab.co/tienda/modulo-celular-gsm-gprs-sim800l-v2-0-con-antena/

Figura 2.3 Módulo SIM800L

Autor: (Electronilab, s.f.)

Para que este módulo funcione de manera correcta se necesita una fuente de alimentación que suministre la energía suficiente, la corriente que necesita el módulo es de 5V a 2A para la transmisión y registro en la red, en la figura 2.3 se observa una representación del módulo GPRS. La placa de Arduino no suministra la suficiente corriente para su correcto funcionamiento por lo que es necesario una fuente externa que suministre los 5V a 2A; Para conocer más parámetros sobre comandos que se necesita para su conexión se lo puede conocer más a detalle revisando el datasheet del módulo en el siguiente enlace:

https://wiki.iteadstudio.com/images/6/6f/SIM800_Series_AT_Command_Manual_V1.05.pdf

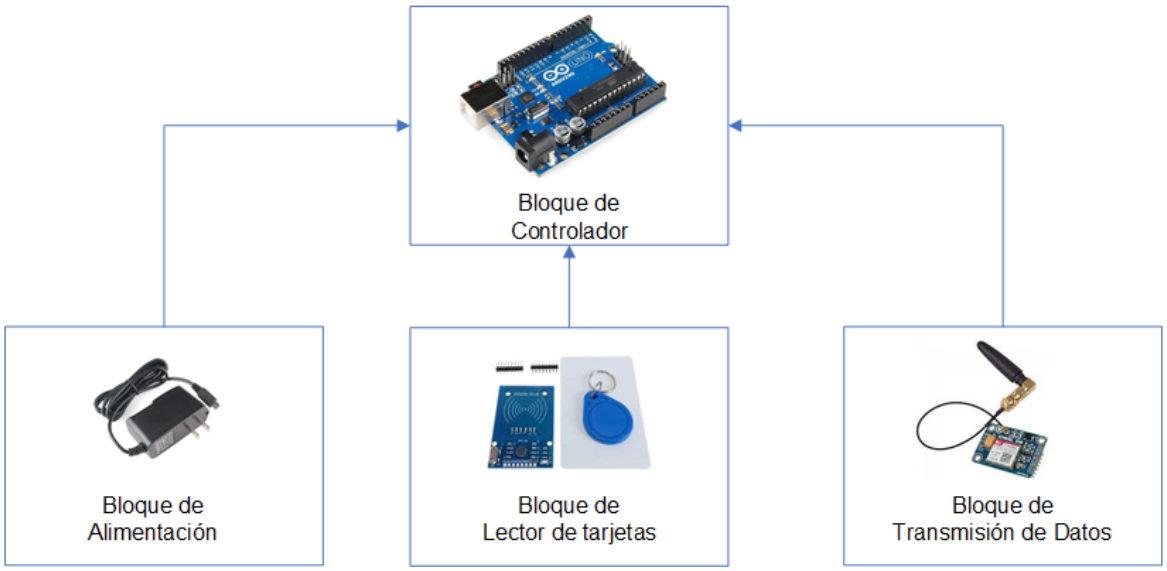
CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL DISPOSITIVO

En este capítulo se va a tratar sobre el diseño de hardware y software del dispositivo de cobro de pasajes, así también se conocerá las configuraciones, diagramas de bloque y flujo de los elementos utilizados en este proyecto para su desarrollo.

3.1 Diagrama de bloques del dispositivo.

Figura 3.1 Diagrama de bloques con las partes que integra el proyecto de cobro de pasajes.



Elaborado por: Bryan Cauja

En la figura 3.1 se da a conocer los elementos utilizados para el diseño del dispositivo, lo cual será dividido por bloques para su correcto funcionamiento.

3.1.1 Bloque de Alimentación

Este bloque será el encargado de suministrar toda la energía necesaria a los componentes que se utilizará para este proyecto y garantice el correcto funcionamiento del mismo.

3.1.2 Bloque del controlador

Para este bloque se utilizó el microcontrolador Arduino UNO, que se encargará de recibir y procesar todos los datos recibidos por la tarjeta RFID y controlar el trabajo en conjunto con los demás módulos.

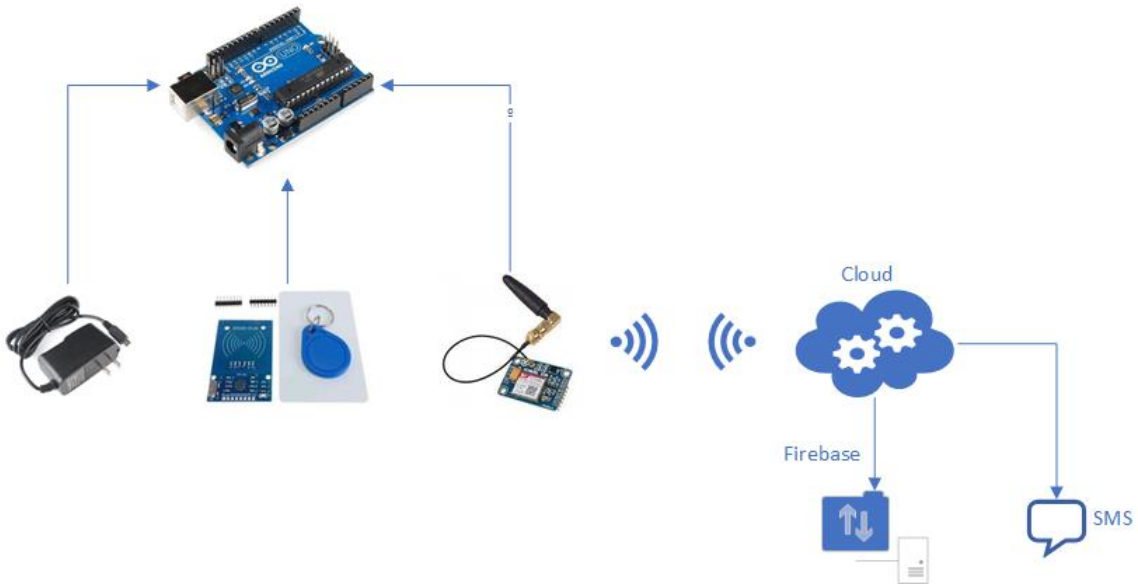
3.1.3 Bloque de lector de tarjetas

Este bloque contiene el módulo RFID lo cual será el encargado de leer y validar la información que contiene la tarjeta RFID con los datos registrados previamente para posterior a ello transmitirlo al módulo de Arduino y realizar el procesamiento de datos para continuar al siguiente bloque que será el encargado de subirlo a la nube.

3.1.4 Bloque de transmisión de datos

En el bloque de transmisión de datos se encuentra el módulo SIM800L el cuál se encargará de realizar una conexión inalámbrica y trasmitir los datos recibidos por el módulo RFID para posterior a ello subirlos a la nube mediante GPRS.

Figura 3.2 Diagrama de bloques sobre la comunicación entre el dispositivo y la nube

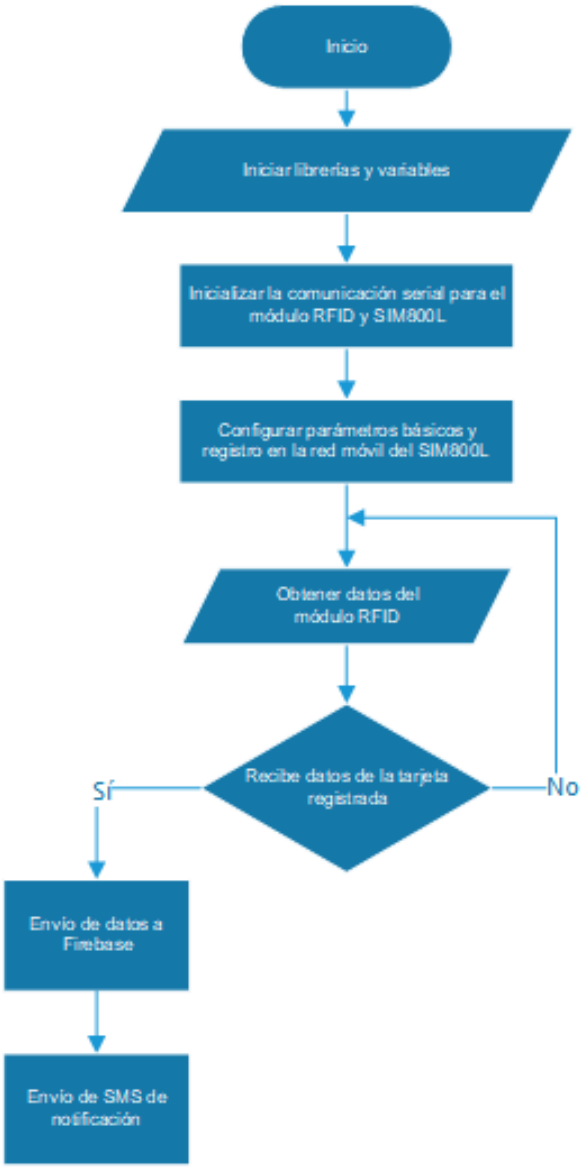


Elaborado por: Bryan Cauja

En la figura 3.2 se presenta todos los elementos que forman parte de este proyecto para hacer el envío de datos a Firebase lo cual es una plataforma en la nube, los datos de saldo que recibirá el módulo RFID serán enviados mediante el módulo SIM800L lo que permitirá subir la información recibida con anterioridad a una base de datos en tiempo real donde por cada ves que la tarjeta RFID sea leída se irá descontando automáticamente el saldo y posterior a ello se enviará un mensaje de texto mediante comando AT informando que el saldo ha sido descontado.

3.2 Diagramas de Flujo

Figura 3.3 Diagrama de flujo que obtiene los datos desde Arduino



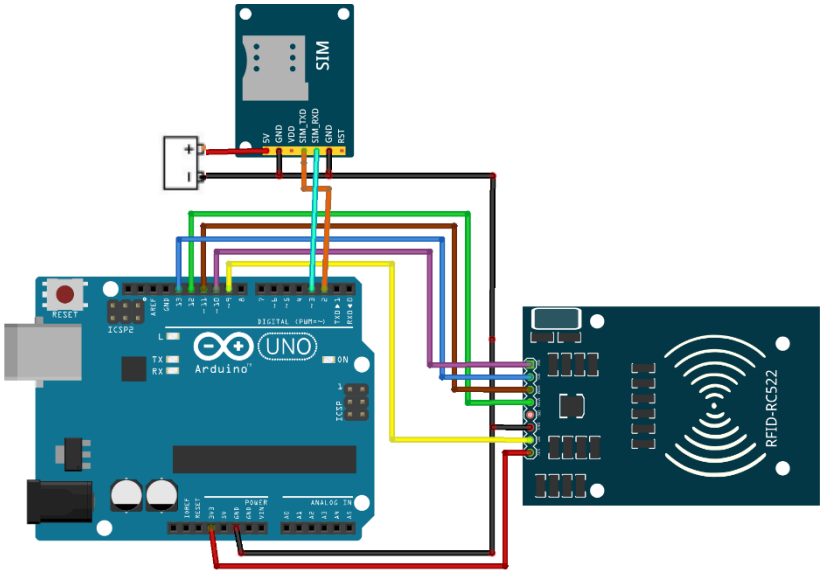
Elaborado por: Bryan Cauja

El algoritmo que se observa en la figura 3.3 está desarrollado para la recepción y transmisión de datos iniciando con definir la variable de saldo donde se guardará el monto que contendrá la tarjeta RFID, también la variable definida como String del número telefónico la cual llegará el mensaje de notificación y por último se definirá en una variable byte el UID de la tarjeta RFID en formato hexadecimal además de inicializar las librerías necesarias, continuando con el proceso se inicializa la comunicación serial entre

el módulo RFID y el SIM800L, para poder establecer dicha comunicación se debe verificar que el módulo SIM800L establezca la comunicación serial con el Arduino y a su vez se registre con la red móvil de la operadora mediante conexión GPRS, se obtiene el dato de la tarjeta que proporciona el módulo RFID y se realiza la verificación del dato obtenido para determinar si dicho dato concuerda con la información registrada, en caso de ser verdadero se procederá a subir los datos a Firebase la cual se conectará por el módulo SIM800L mediante HOST y llave de AUTENTICACIÓN proporcionados por la misma base de datos para posteriormente subir el dato del saldo y una vez subida dicha información se enviará un mensaje de notificación informando de que el saldo ha sido descontado de la tarjeta RFID, caso contrario se lanzará un mensaje serial informando que la tarjeta recibida no es la correcta; Cabe mencionar que cada vez que el módulo RFID lea la tarjeta, el saldo se irá descontando de manera automática.

3.3 Diagrama Esquemático

Figura 3.4 Diagrama de conexiones de los módulos con el Arduino UNO

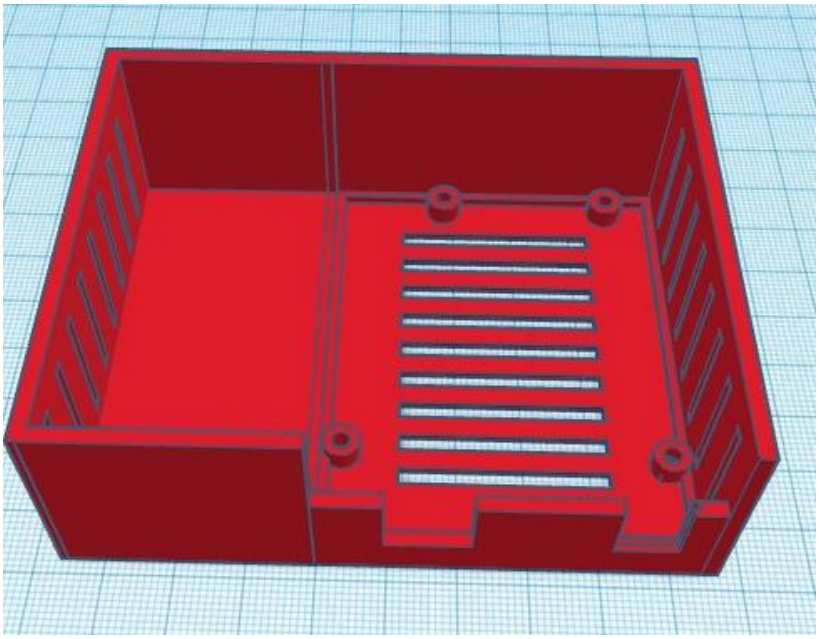


Elaborado por: Bryan Cauja

Para la figura 3.6 se muestra todas las conexiones realizadas para la comunicación del módulo GPS y el SIM800L con el Arduino UNO, en el diagrama se utilizó una batería en

simulación a los 5V y 2A que se necesita para que el módulo SIM800L pueda funcionar correctamente; Cabe mencionar tomar en cuenta los pines digitales y configuraciones a tierra de todos los bloques.

Figura 3.5 Estructura del Equipo



Elaborado por: Bryan Cauja

La figura 3.7 muestra la estructura del equipo en formato 3D con varios detalles estéticos y contiene ranuras de ventilación para así evitar el exceso de calor en los dispositivos y evitar que los componentes sufran deterioro y evitar el mal funcionamiento. Cabe recalcar que dicha estructura está fabricada con el material pla plus lo cual es un polímero termoplástico biodegradable utilizado para impresiones 3D.

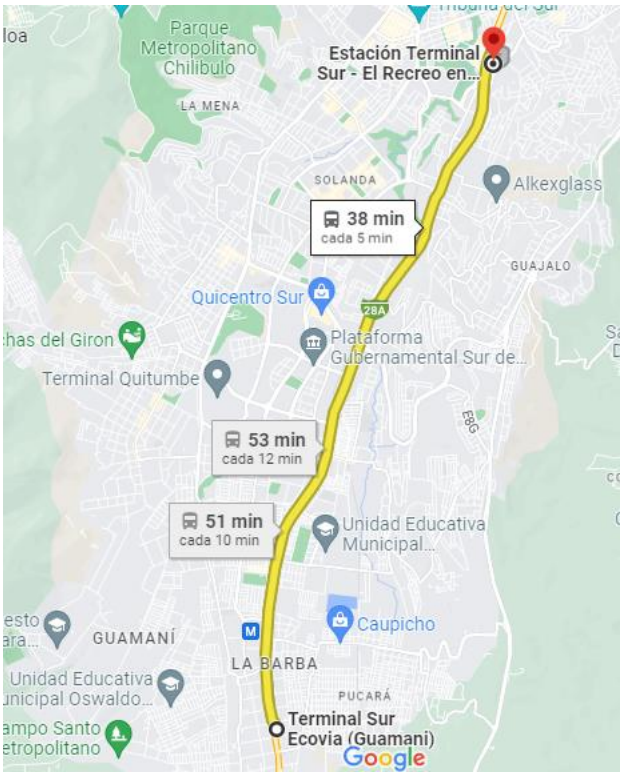
3.3 Resultados Obtenidos

En esta sección se realizará un análisis de todos los resultados obtenidos durante la simulación del dispositivo de recaudación de pasajes para el sistema de transporte público, donde se detallará los procesos más importantes.

3.3.1 Pruebas de funcionalidad del dispositivo

Las pruebas de funcionamiento del dispositivo se lo realizaron tomando como referencia la trayectoria del Circuito E1 que son utilizadas por el trasporte del municipio de quito empezando por la Estación Sur de Guamaní y culminando en la estación El Recreo.

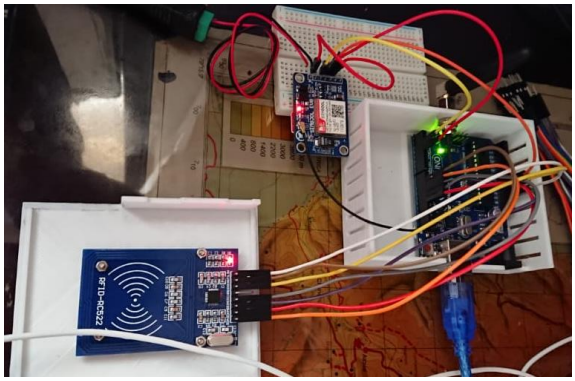
Figura 3.6 Trayectoria Estación Sur Guamaní a Estación Sur El Recreo



Autor: (EPMTP, 2017)

Una vez realizadas las respectivas conexiones del dispositivo se procede a encender todos los módulos y el código empieza a correr mediante el IDE de Arduino.

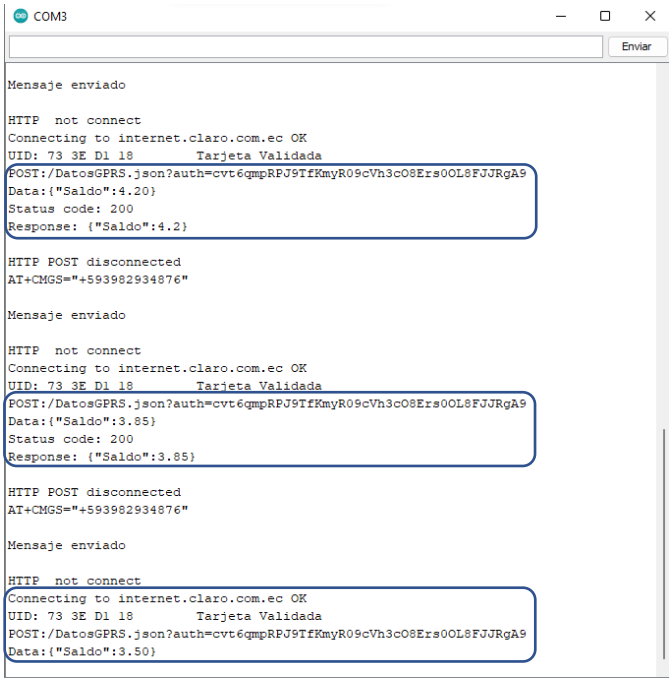
Figura 3.7 Dispositivo en funcionamiento



Elaborado por: Bryan Cauja

Para el análisis de resultados del dispositivo se hizo una toma de 16 muestras donde por cada parada se realizó el cobro del pasaje de la tarjeta RFID donde el saldo inicial cargado fue un valor de $ 5.60. A medida que se realice el cobro del pasaje de manera exitosa, el monto inicial cargado anteriormente se irá reduciendo cada $ 0.35 ctvs que es el costo reducido de tarifa para personas adultas.

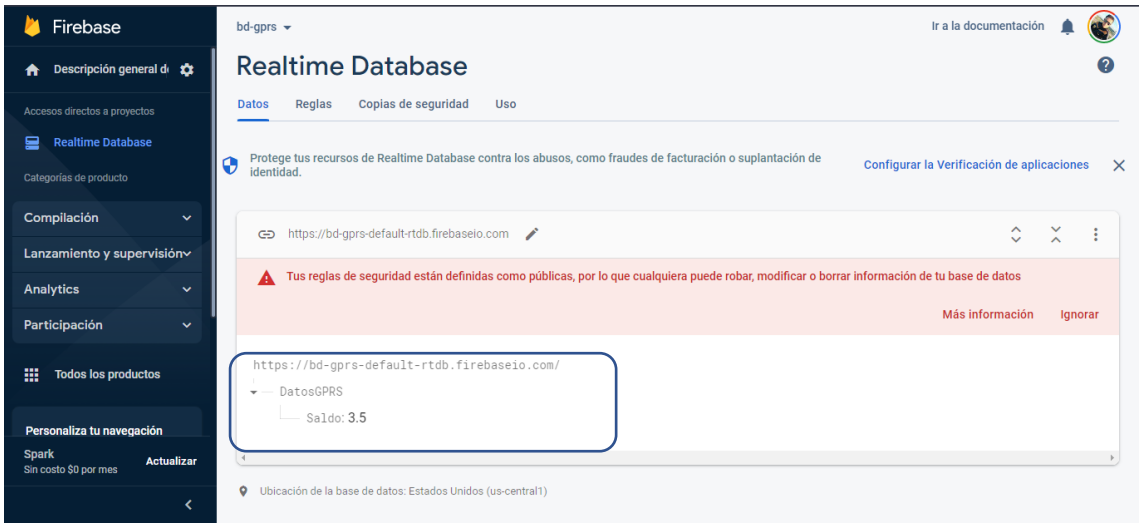
Figura 3.8 Reducción del pasaje a medida que se va pasando la tarjeta RFID



Elaborado por: Bryan Cauja

Por cada monto reducido los datos se irán almacenando en una base se de datos en tiempo real mediante la plataforma de Firebase.

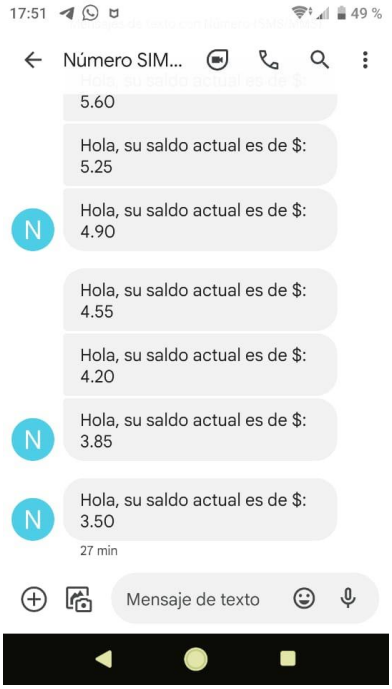
Figura 3.9 Saldo subido a la base de datos Firebase



Elaborado por: Bryan Cauja

Posterior a ello se enviará un mensaje de notificación al número de celular registrado informando el cobro del mismo, este proceso será realizado por el módulo SIM800L el cuál se conectará a la red móvil de la operadora mediante GPRS.

Figura 3.10 Mensaje de notificación informando que el saldo fue descontado



Elaborado por: Bryan Cauja

Al momento de intentar realizar el pago con una tarjeta distinta a la registrada el dispositivo lanzará un mensaje de alerta donde la tarjeta leída es inválida.

Figura 3.11 Cobro de pasaje mediante tarjeta no registrada

```
Connecting to internet.claro.com.ec OK
UID: 03 DB 2B 16        Tarjeta Inválida
```

Elaborado por: Bryan Cauja

Después de haber realizado las respectivas pruebas del dispositivo se concluye que puede existir un margen de error tentativo del 2% debido a la conexión del SIM800L con la red móvil ya que puede llegar a desconectarse dependiendo de la zona de cubertura que se encuentre el bus de transporte.

Con respecto al módulo RFID se concluye que este funcionó de manera exitosa descontando el saldo por cada parada que se realizaba, pero a su vez puede existir un margen de error del 1% debido al alcance que tiene la tarjeta RFID con el Lector.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

En el presente capítulo se detalla los costos de todo los elementos y módulos que formarán parte del desarrollo de nuestro dispositivo, dichos costos nos darán un campo de vista para determinar si el dispositivo es factible para su uso en el transporte público. La viabilidad de este proyecto se los verá reflejado en el costo fijo, costo variable y el punto de equilibrio.

4.1 Costos de Materiales

Para la elaboración y construcción de nuestro dispositivo se utilizó módulos que cumplan con las necesidades propuestas, que sean de bajo costo y a la véz compatible con el microcontrolador.

Tabla 4.1 Materiales

Equipo	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Total**
Módulo SIM800L EVB	1	$ 10,5	$ 10,5
Chip móvil	1	$ 3,5	$ 3,5
Cables Arduino	20	$0.01	$2
Módulo RFID RC522	1	$ 5,5	$ 5,5
Arduino UNO	1	$ 17,5	$ 17,5
Estructura	1	$ 40	$ 40
		TOTAL	**$ 79**

Elaborado por: Bryan Cauja

En la Tabla 4.1 se da a conocer los materiales utilizados para el desarrollo de este proyecto, se consideraron módulos de fácil adquisición de bajo costo.

4.2. Indicadores para viabilidad del Proyecto

Como se mencionó al inicio de este capítulo, en esta parte se evaluará los indicadores para verificar la posibilidad de que el proyecto pueda ser instaurado. Los valores finales para este proyecto se los observa en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Precio Final del Proyecto

Inversión	**Valor**
Dispositivo	$ 79
Servicio Móvil	$ 10
Servicio en la Nube	$ 5
TOTAL	**$ 94**

Elaborado por: Bryan Cauja

En la tabla 4.2 se refleja el costo final que tendrá el proyecto adicionando los costos fuera del dispositivo como son los servicios de telefonía móvil para la conexión a la red y el acceso al almacenamiento a la base de datos Firebase además del precio de mano de obra para la implementación del dispositivo.

4.2.1. Costo Fijo

Son costos que no van a sufrir cambios en su totalidad durante un tiempo sin importar los cambios en su actividad. (Molina Cedeño et al., 2019)

4.2.2 Costo Variable

Trabajan en torno a la producción en volumen y las ventas. El problema es que cuanto mayor es la reducción, mayores son los costos incurridos. También sucede que, a menor producción, menores costos asociados al proceso. (Molina Cedeño et al., 2019)

4.2.3 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio es el punto de actividad que son las ventas, donde el ingreso y el costo total son iguales, es decir, no hay ganancia ni pérdida.

$$P_E = \frac{C_F}{(P - C_V)} \qquad \text{Ecuación (4.1)}$$

Donde:

$P_E \rightarrow Punto\ de\ Equilibrio$

$C_F \rightarrow Costo\ Fijo$

$C_V \rightarrow Costo\ Variable$

$P \rightarrow Precio\ Unitario$

Para determinar el punto de equilibrio del proyecto se utilizó los valores de la tabla 4.2 obteniendo el siguiente resultado.

$$P_E = \frac{79}{(110-15)} = 0.832$$

De acuerdo con el resultado obtenido se concluye que el dispositivo es viable con respecto al precio y a la vez competitivo debido a su bajo costo de implementación generando un margen de ganancia de 8.5 % por equipo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

La tecnología RFID a diferencia de otras tecnologías como la de banda magnética, Edmondson y de contacto ha sido de gran ayuda para integrar un sistema de cobro automatizado en el transporte público ya que se puede hacer uso de tecnología sin contacto, es decir una tarjeta con un microchip integrado encargado de procesar toda la información sin necesidad de acercarlo a tope, además de su velocidad de transmisión esta tecnología tiene un grado alto de seguridad ante posibles fraudes logrando mejorar la calidad del transporte público y brindar un mejor servicio.

Se implementó un dispositivo de recaudación de pasaje mediante IOT y la tecnología RFID para un sistema de cobro automatizado de pasajes en las unidades de transporte público con el din de dar una mayor rapidez al momento de subirse a las unidades y sobre todo el envío de notificaciones de cobro para que los pasajeros puedan estar enterados del saldo que les queda en sus tarjetas.

Se realizaron las pruebas respectivas y se comprobó el correcto funcionamiento del dispositivo generando un margen de error mínimo del 2% esto debido al alcance de la tarjeta RFID con el lector y también el margen de cobertura de la red móvil con el módulo SIM800L por lo que se concluye que la implementación del dispositivo es aceptable.

En el capítulo del análisis de los costos se implementaron indicadores que miden la factibilidad del dispositivo tanto en el costo fijo como el costo variable, por lo cual se determinó mediante el punto de equilibrio un 0.832, que nos arroja un margen de ganancia de 8.5% por dispositivo, concluyendo que este proyecto es factible para su implementación en el sistema de transporte público.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras mejoras en la implementación del dispositivo se puede hacerlo mediante la adquisión de módulos con tecnología 5G, esto ayudará a agilizar el proceso en el envío de datos y reducir el tiempo de esperar en establecer la conexión con el servidor además de que su costo es mayor.

Es importante mencionar que el dispositivo que se ha desarrollado es proporcional al presupuesto que se determinó dentro del análisis de costos, dichas dimensiones pueden ser reducidas mediante técnicas microelectrónicas recomendadas para la comercialización del dispositivo.

REFERENCIAS

Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (2018). Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *129*, 589–606. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.067

Amaguaña, B. (2021). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*.

Atlam, H. F., Walters, R. J., & Wills, G. B. (2018). Internet of Things: State-of-the-art, Challenges, Applications, and Open Issues. *International Journal of Intelligent Computing Research*, *9*(3), 928–938. https://doi.org/10.20533/ijicr.2042.4655.2018.0112

Colella, R., Catarinucci, L., & Tarricone, L. (2016). *2016 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA).*

Lee, C. C., Chen, S. der, Li, C. T., Cheng, C. L., & Lai, Y. M. (2019). Security enhancement on an RFID ownership transfer protocol based on cloud. *Future Generation Computer Systems*, *93*, 266–277. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.040

Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. *IEEE Internet of Things Journal*, *4*(5), 1125–1142. https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2683200

Ministerio de Telecomunicaciones. (2020). *Ecuador avanza en la Estrategia Nacional de Comercio Electrónico*. https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-avanza-en-la-estrategia-nacional-de-comercio-electronico/#

Molina Cedeño, K., Molina Cedeño, P., & Stalin Laje Montoya, J. (2019). *The accounting of costs and their relationship in the field of application of manufacturing or industrial entities*. *4*(1), 15–20. https://doi.org/10.5281/zenodo.3240566

OMS. (2020, October 7). *Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19): orientaciones para el público*. Organización Mundial de La Salud.

https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public?gclid=CjwKCAiA_eb-BRB2EiwAGBnXXqtay5LcAUdPdjo0F8ozP8Ibkd_R_3Qc5-1jBL_jkK7tBVUMMwI9zRoCCR0QAvD_BwE

Pedro, S., Clericus, R., Villegas, S. A., _____ M., Ricardo, S., & Salinas, S. (2005). *Fecha Examen de Titulación*.

Thosar, A., & Nathi, R. (2019). Air quality parameter measurements system using mqtt protocol for IoT communication over GSM/GPRS technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *808*, 421–433. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1402-5_32

Arduino. (2019). *ARDUINO.cl*. Retrieved from https://arduino.cl/arduino-uno/

AVElectronics. (2022). *AV Electronics*. Retrieved from https://avelectronics.cc/producto/modulo-rfid-rc522/

Electronilab. (n.d.). *Electronilab*. Retrieved from https://electronilab.co/tienda/modulo-celular-gsm-gprs-sim800l-v2-0-con-antena/

ElectroStore. (n.d.). *ElectroStore*. Retrieved from https://grupoelectrostore.com/shop/placas-para-programacion/arduino/arduino-uno-r3-con-atmega328p-dip-cable-usb/

Giraldo, V. (2019, Abril 16). *rockcontent*. Retrieved from https://rockcontent.com/es/blog/que-es-firebase/

Muradas, Y. (2021, Junio 22). *OpenWebinars*. Retrieved from https://openwebinars.net/blog/que-es-firebase-de-google/

ANEXOS

ANEXO 1. Código programa en Arduino

Anexo 1.1 Código para inicializar las librerías y variables.

```
#include <TinyGsmClient.h>
#include <ArduinoHttpClient.h>
#include <MFRC522.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define TINY_GSM_MODEM_SIM800
#define TINY_GSM_RX_BUFFER 256
#define RST_PIN  9
#define SS_PIN  10

const char FIREBASE_HOST[]  = "bd-gprs-default-rtdb.firebaseio.com";
const String FIREBASE_AUTH  = "cvt6qmpRPJ9TfKmyR09cVh3cO8Ers0OL8FJJRgA9";
const String FIREBASE_PATH  = "DatosGPRS";
const int SSL_PORT          = 443;

String Numero_cliente = "982934876";

char apn[]  = "internet.claro.com.ec";
char user[] = "";
char pass[] = "";

byte LecturaUID[4];
byte Usuario1[4] = {0x73, 0x3E, 0xD1, 0x18};

double acu = 1;
String resultado;
```

Anexo 1.2 Código donde están establecidos todos los pines y se inicializa la comunicación serial de los módulos RFID Y GSM.

```
SoftwareSerial sim800(3, 2);  //tx, rx
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
TinyGsm modem(sim800);
TinyGsmClientSecure gsm_client_secure_modem(modem, 0);
HttpClient http_client = HttpClient(gsm_client_secure_modem, FIREBASE_HOST, SSL_PORT);

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Iniciamos la comunicación  serial
  SPI.begin();        //Iniciamos el Bus SPI
  mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos  el MFRC522
  Serial.println("Inicializando RFID");

  sim800.begin(9600);
  Serial.println("Inicializando SIM800");

  Serial.println("Inicializando modem...");
  modem.restart();
  String modemInfo = modem.getModemInfo();
  Serial.print("Modem: ");
  Serial.println(modemInfo);

  http_client.setHttpResponseTimeout(10 * 1000); //^0 secs timeout
}
```

Anexo 1.3 Código donde se valida la conexión con el módulo SIM800L y la función HTTP para la conexión a la base de datos Firebase.

```
void loop()
{
  Serial.print(F("Connecting to "));
  Serial.print(apn);
  if (!modem.gprsConnect(apn, user, pass))
  {
    Serial.println(" fail");
    delay(1000);
    return;
  }
  Serial.println(" OK");

  http_client.connect(FIREBASE_HOST, SSL_PORT);

  while (fun) {
    if (!http_client.connected())
    {
      Serial.println();
      http_client.stop();// Shutdown
      Serial.println("HTTP  not connect");
      break;
    }
    else
    {
      mfrc522_lazo();
    }
```

Anexo 1.4 Código donde se empieza con la lectura de la tarjeta RFID

```
void mfrc522_lazo()
{
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
    return;

  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
    return;

    Serial.print("UID:");
    for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
      if (mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10){
        Serial.print(" 0");
        }
        else{
          Serial.print(" ");
          }
          Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
          LecturaUID[i]=mfrc522.uid.uidByte[i];
          }

          Serial.print("\t");

          if(comparaUID(LecturaUID, Usuario1)){
            Serial.println("Tarjeta Validada");
            dht_loop();
            Enviar_msj(Numero_cliente,resultado);

          }
           else{

              }
}
```

Anexo 1.5 Código donde empieza a realizar la conexión con nuestra base de datos en Firebase mediante URL y llave de Autenticación.

```
void PostToFirebase(const char* method, const String & path , const String & data, HttpClient* http)
{
  String response;
  int statusCode = 0;
  http->connectionKeepAlive(); // Currently, this is needed for HTTPS

  String url;
  if (path[0] != '/')
  {
    url = "/";
  }
  url += path + ".json";
  url += "?auth=" + FIREBASE_AUTH;
  Serial.print("POST:");
  Serial.println(url);
  Serial.print("Data:");
  Serial.println(data);

  String contentType = "application/json";
  http->put(url, contentType, data);
  statusCode = http->responseStatusCode();
  Serial.print("Status code: ");
  Serial.println(statusCode);
  response = http->responseBody();
  Serial.print("Response: ");
  Serial.println(response);

  if (!http->connected())
  {
    Serial.println();
    http->stop();
    Serial.println("HTTP POST disconnected");
  }

}
```

Anexo 1.6 Código que sube los datos a la base de datos en la nube.

```
void data_loop()
            {
            String acul = String(acu,2);
            acu = acu - 0.35;
            String ejemplol = "Hola, te queda un total de tu saldo $: ";
            resultado = ejemplol+acul;
            String Data = "{";
            Data += "\"Saldo\":" + acul;
            Data += "}";
            // Serial.println(acul);
            PostToFirebase("PATCH", FIREBASE_PATH, Data, &http_client);
            if (acu <= 0.35){
               http_client.stop();// Shutdown
               fun = false;
              Serial.println("HTTP  not connect");
            }
            }
```

Anexo 1.7 Código encargado de enviar el mensaje notificando que el saldo ha sido descontado cada vez que se le pasa la tarjeta por el módulo RFID.

```
void Enviar_msj(String numero, String msj){

 String config_numero = "AT+CMGS=\"+593" + numero + "\"\r\n";
 Serial.println(config_numero);

  sim800.write("AT+CMGF=1\r\n");
  delay(1000);
  sim800.print(config_numero);
  delay(1000);
  sim800.print(msj);
  delay(1000);
  sim800.write((char)26);
  delay(1000);
  Serial.println("Mensaje enviado");
}
```

Anexo 1.8 Código encargado de hacer la comparación de la tarjeta RFID

```
boolean comparaUID(byte lectura[],byte usuario[])
{
  for (byte i=0; i < mfrc522.uid.size; i++){
  if(lectura[i] != usuario[i])
    return(false);
  }
  return(true);
}
```